

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

Component and method for production thereof**Patent number:** DE19747846**Publication date:** 1999-05-06**Inventor:** SHEN ZHONGZHE (CN); XIE XIEOMING PROF DR (CN); FREYTAG JUERGEN DR (DE); STUBHAN FRANK DR (DE)**Applicant:** SHANGHAI INST METALLURG (CN); DAIMLER BENZ AG (DE)**Classification:****- international:** H01L21/58; H01L21/60; B23K20/10; B23K20/12**- european:** B23K20/10, H01L21/607, H01L23/482M, H01L23/495A6**Application number:** DE19971047846 19971030**Priority number(s):** DE19971047846 19971030**Also published as:**

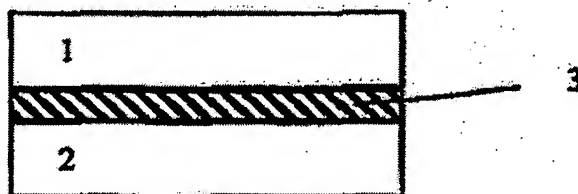
WO9923697 (A1)

EP1027728 (A1)

US6334567 (B1)

Abstract of DE19747846

The invention relates to a component and to a method for the production thereof. Said component is more particularly an electronic component with a micro electronic chip and a carrier which is produced by means of isothermal coagulation.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

THIS PAGE BLANK (USPTO)



18 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**
10 **DE 197 47 846 A 1**

51 Int. Cl.⁶:
H 01 L 21/58
H 01 L 21/60
B 23 K 20/10
B 23 K 20/12

21 Aktenzeichen: 197 47 846.8
22 Anmeldetag: 30. 10. 97
43 Offenlegungstag: 6. 5. 99

DE 197 47 846 A 1

71 Anmelder:

Daimler-Benz Aktiengesellschaft, 70567 Stuttgart,
DE; Shanghai Institute of Metallurgy Chinese
Academy of Sciences, Shanghai, CN

74 Vertreter:

Mittmann, E., Dr.rer.nat., 89077 Ulm

72 Erfinder:

Xie, Xieoming, Prof. Dr., Shanghai, CN; Shen,
Zhongzhe, Shanghai, CN; Freytag, Jürgen, Dr.,
63329 Egelsbach, DE; Stubhan, Frank, Dr., 63110
Rodgau, DE

56 Entgegenhaltungen:

DE 1 95 46 997 A1
DE 1 95 32 250 A1
DE 42 41 439 A1

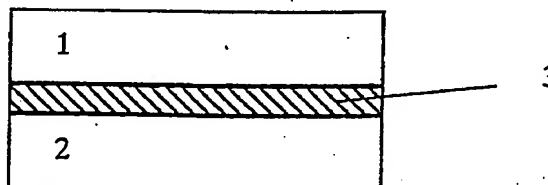
JP 58-151977 A mit Patent Abstract of Japan,
Section: M, Sect.No. 260, Vol. 7, No. 2711, p.160;
HEUBERGER, A., in: Mikromechanik, Springer
Verlag
Berlin, Heidelberg, New York, London, Paris,
Tokyo 1989, S. 462-470;
LEE, C.C. et al., in: IEEE Transactions on Comp.,
Hybrids, and Manufact.Techn., Vol. 16, No. 3,
May 1993, S. 311-316;
WILDE, J. et al., in: VTE 4/93, S. 172-179;
NICOLET, M.A., in: Thin Solid Films, 52 (1978),
S. 415-443;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Bauelement und Verfahren zum Herstellen des Bauelements

57 Die Erfindung betrifft ein Bauelement und ein Verfahren zum Herstellen des Bauelements, insbesondere eines elektronischen Bauelements mit einem mikroelektronischen Chip und einem Träger, welches mit isothermer Erstarrung hergestellt ist.



DE 197 47 846 A 1

Die Erfindung betrifft ein Bauelement und ein Verfahren zum Herstellen des Bauelements insbesondere eines elektronischen Bauelements mit einem mikroelektronischen Chip und einem Träger.

Zum Herstellen von Bauelementen, insbesondere der Montage von integrierten mikroelektronischen Bauelementen auf Substrate, Wärmesenken etc., ist die Methode der isothermen Erstarrung bekannt. Eine solches Verfahren ist z. B. in der DE-A-195 31 158 beschrieben.

Dabei werden das mikroelektronische Bauelement und die Wärmesenke zuerst mit Metallen beschichtet, wobei zumindest ein niedrigschmelzendes und ein höherschmelzendes Metall verwendet werden. Die metallischen Beschichtungen werden in unmittelbarem Kontakt gebracht, mit einem vorgegebenen Temperaturverlauf erwärmt und während der Reaktionszeit zusammengepreßt, bis die Reaktion des niedrigschmelzenden Metalls mit dem höherschmelzenden Metall abgeschlossen ist. Dabei diffundiert die niedrigschmelzende Komponente in die höherschmelzende Komponente ein und führt zu einer Verbindungsschicht, die bei deutlich höheren Temperaturen, als der Schmelztemperatur der niedrigschmelzenden Komponente stabil ist. Erst wenn diese isotherme Erstarrungsreaktion abgeschlossen ist, ist die Verbindung fest. Der Prozeß kann bei den für Elektronikmaterialien anwendbaren Temperaturen im Bereich von höchstens etwa 300°C bis zu 60 min dauern und wird vorzugsweise in einem Vakuumofen durchgeführt. Dabei muß während der gesamten Fügezeit, während der die beiden Einzelteile zusammengefügt werden, ein relativ hoher Druck auf die Verbindungsstelle ausgeübt werden, damit der Fügeprozeß erforderlich ist.

Obwohl diese Art der metallischen Verbindung eine an sich sehr vorteilhafte thermische Ankopplung eines mikroelektronischen Bauelements an eine etwaige Wärmesenke oder einen etwaigen Wärmepreiser ermöglicht, ist das Verfahren der isothermen Erstarrung wegen der mehrere Minuten dauernden Fügezeiten in einem kommerziellen Fertigungsprozeß für mikroelektronische Bauelemente mit typischen Durchlaufzeiten von wenigen Sekunden beim Aufsetzen des Chips auf den Träger nicht einsetzbar.

Für das Herabsetzen der gesamten Reaktionszeit und damit auch der Fügezeit, während der das Bauelement zusammengepreßt werden muß, innerhalb der die Verbindungsschicht erstarrt bzw. durchreagiert, wird vorgeschlagen, eine Materialkombination zu wählen, die eine höhere Wachstumsrate der sich während der isothermen Erstarrung bildenden intermetallischen Phase aufweist. Eine derartige Materialkombination ist jedoch nicht für alle Zwecke geeignet. Als weitere Maßnahme zur Herabsetzung der Reaktionszeit wird vorgeschlagen, die Dicke der aktiven metallischen Schichten zu reduzieren. Eine Halbierung der Schichtdicke führt bei manchen Systemen zu einer Viertelung der Reaktionszeit. Ein unterer Grenzwert für die Schichtdickenreduzierung ist jedoch durch die Rauigkeit oder die Krümmung der Oberflächen der Teilelemente gegeben.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Herstellung eines Bauelements mittels thermischer Erstarrung sowie ein Bauelement anzugeben, welches eine Fügezeit von weniger als einer Minute erfordert.

Die Aufgabe wird durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche gelöst. Weiterführende und vorteilhafte Ausgestaltungen sind den weiteren Ansprüchen und der Beschreibung zu entnehmen.

Die Erfindung geht davon aus, die Reaktionszeitdauer in zwei Zeitabschnitte zu zerlegen. Der erste Zeitabschnitt ist

durch die Fügezeitdauer und der zweite Zeitabschnitt durch die verbleibende Reaktionszeitdauer charakterisiert. Der eigentliche Vorgang des festen Zusammenfügens von Teilelementen zu einem einzigen Bauelement wird während einer Fügezeitdauer innerhalb der Reaktionszeitdauer durchgeführt, in der die isotherme Erstarrung erfolgt. Die Fügezeitdauer ist vorzugsweise kürzer als die Reaktionszeitdauer.

Erfindungsgemäß wirkt während der Fügezeitdauer eine dynamische Anpreßkraft in Form von Vibrationsenergie, insbesondere Ultraschallenergie, einer vorgegebenen Leistung auf das Bauelement bzw. die beiden Teilelemente ein. Eine weitere günstige Vibrationsenergieeinwirkung besteht darin, eines der Teilelemente oder beide Teilelemente mit einer Reibschwingung zu beaufschlagen, wobei die aneinanderlegenden Kontaktflächen gegeneinander bewegt werden und eine mechanische und/oder thermische Unterstützung des Reaktionsvorgangs der Kontaktflächenmaterialien stattfindet.

Besonders bevorzugt werden die beiden Teilelemente zumindest zu Beginn oder während der Vibrationseinwirkung mit einer vorgegebenen statischen Anpreßkraft zusammengepreßt. Günstig ist, daß die Anpreßkraft nur während der Fügezeitdauer auf das Bauelement einwirkt. Besonders vorteilhaft ist, wenn die Vibrationsenergie und die Anpreßkraft gleichzeitig wirken. Bevorzugt ist, die Vibrationsenergie kürzer als die Fügezeitdauer auf die Teilkomponenten einwirken zu lassen, besonders bevorzugt wirkt die Vibrationsenergie zu Beginn der Fügezeitdauer ein.

Damit gelingt es vorteilhaft, innerhalb einer, verglichen mit der notwendigen eigentlichen Reaktionszeitspanne, sehr kurzen Fügezeit die Teilelemente bereits für den weiteren Fertigungsablauf mechanisch ausreichend fest miteinander zu verbinden, während der isotherme Erstarrungsprozeß sich noch fortsetzt. Besonders vorteilhaft für einen Herstellungsprozeß ist, daß dadurch die restliche Reaktionszeitdauer an einem anderen Ort als dem Ort des Zusammenfügens ablaufen kann, an dem die Vibrationsenergie eingetragen wurde.

Es ist günstig, die Einwirkungszeit der Vibrationsenergie kürzer zu wählen, wenn die Reaktionstemperatur höher gewählt wird.

Eine vorteilhafte Zeitdauer der Einwirkung von Vibrationsenergie liegt zwischen 50 ms und 600 ms. Günstig ist es, die Vibrationsenergie maximal 70% der Fügezeitdauer einwirken zu lassen. Es ist zweckmäßig, die Ultraschalleistung (P1) zwischen 0,3 W/mm² und 3 W/mm² anzuwenden.

Günstig ist es, die statische Anpreßkraft (F1) zwischen 0,2 N/mm² und 1,5 N/mm² anzuwenden; bevorzugt wird eine möglichst große Anpreßkraft angewendet. Eine bevorzugte statische Anpreßkraft beträgt mindestens 1,5 N/mm². Eine vorteilhafte Reaktionstemperatur liegt zwischen 150°C und 400°C. Eine günstige Reaktionszeitdauer liegt zwischen 10 s und 3 min.

Zweckmäßigerweise wird das Verfahren zumindest bei einer gegenüber der Raumtemperatur erhöhten Temperatur in Inertgasumgebung durchgeführt.

Vorteilhaft ist, wenn die erste metallische Beschichtung mindestens eine Schicht von Indium, vorzugsweise eine Schichtfolge von Gold und Indium enthält und/oder die zweite metallische Beschichtung mindestens eine Goldschicht und/oder eine Silberschicht enthält. Besonders vorteilhaft ist, an der Kontaktstelle der beiden Teilelemente eine Indiumschicht mit einer Goldschicht in Kontakt zu bringen. In einer weiteren günstigen Ausführungsform werden zwei Indiumschichten in Kontakt gebracht.

Zweckmäßig ist, wenn die metallischen Beschichtungen auf einer Diffusionsbarrierschicht aufgewachsen sind. Eine günstige Dicke der Diffusionsbarrierschicht beträgt weniger als 0,5 µm.

Eine günstige Dicke der ersten metallischen Beschichtung liegt zwischen 3 und 7 μm . Zweckmäßigerweise werden die Dickenverhältnisse der beiden metallischen Beschichtungen in etwa im Verhältnis von sich bildenden intermetallischen Phasen eingestellt. Eine günstige Wahl ist, die Dicke der Goldschicht höchstens etwa halb so groß zu wählen wie die Dicke Indiumschicht.

Besonders vorteilhaft ist, daß die Indiumschicht auf einer dünneren Goldschicht aufgewachsen ist, welche eine etwaige Adhäsions- und Barrierenschicht schützt.

Vorzugsweise ist das erste Teilelement aus einem mikroelektronischen Chip, insbesondere einem Siliziumchip gebildet und das zweite Teilelement aus einem wärmeleitenden Körper, insbesondere einem Siliziumkörper, einem Keramikkörper oder einem Metallkörper gebildet und weist zwischen den Teilelementen eine Verbindungsschicht aus einer Legierung der Zusammensetzung AuIn und/oder AuIn_2 und/oder einer Mischung davon auf.

Vorteilhaft ist, wenn die Verbindungsschicht zu einem oder zu beiden Teilelementen eine Diffusionsbarrierschicht aufweist, insbesondere aus Titan und/oder Titan, Nickel und Chrom aufweist. Besonders vorteilhaft ist, daß die Verbindungsschicht bei Temperaturen oberhalb von 400°C stabil ist.

Im folgenden sind die Merkmale, soweit sie für die Erfindung wesentlich sind, eingehend erläutert und anhand von Figuren näher beschrieben. Es zeigen

Fig. 1 zwei Teilelemente mit metallischer Beschichtung vor dem Zusammenfügen zu einem erfindungsgemäßen Bauelement,

Fig. 2 ein erfindungsgemäßes Bauelement nach dem Zusammenfügen gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren,

Fig. 3 ein Temperatur-Zeit-Diagramm gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren.

Die Erfindung ist im folgenden anhand von Beispielen aus der Mikroelektronik erläutert. Die Erfindung ist jedoch nicht auf diesen Anwendungsbereich eingeschränkt, ebenso wenig wie auf die in den Beispielen genannten Materialien, sondern vielmehr für alle Materialien geeignet, mit denen ein isothermer Erstarrungsprozeß durchgeführt werden kann.

Isotherme Erstarrung kann zur Bildung sehr fester Verbindungen bei relativ niedriger Temperatur eingesetzt werden, wobei diese Verbindungen bei sehr viel höheren Temperaturen stabil und belastbar sind. Das zugrundeliegende Prinzip dieses Verbindungsprozesses nach dem Stand der Technik besteht darin, daß eine Zwischenschicht aus einem niedrigschmelzenden Metall als Folie oder dünne Beschichtung zwischen hochschmelzenden Komponenten angeordnet ist. Diese Anordnung wird unter Druck bis zur Reaktionstemperatur erwärmt, wobei sich eine flüssige Zwischenschicht bildet. Dabei kann entweder der Schmelzpunkt der niedrigschmelzenden Schicht überschritten sein oder es findet eine eutektische Reaktion zwischen den hoch- und niedrigschmelzenden Komponenten statt.

Die geschmolzene Zwischenschicht führt zu einer relativ schnellen Interdiffusion oder Reaktionsdiffusion zwischen den hoch- und niedrigschmelzenden Komponenten. Die folgende Annäherung an den thermodynamischen Gleichgewichtszustand resultiert in einer isothermen Erstarrung. Es bildet sich eine feste Verbindungsschicht. Die festen Phasen, die sich bei der Reaktionstemperatur in der Verbindungsschicht bilden, zeigen bei entsprechender Auswahl der Materialien für die hoch- und niedrigschmelzenden Komponenten eine Aufschmelztemperatur von deutlich oberhalb der Reaktionstemperatur.

In Fig. 1 ist ein Schritt zu Beginn des erfindungsgemäßen Verfahrens dargestellt. Ein erstes Teilelement 1, bevorzugt

ein mikroelektronischer Chip, besonders bevorzugt ein Siliziumchip, trägt auf der Kontaktseite 1.1, die zur Verbindung mit dem zweiten Teilelement 2 vorgesehen ist, eine erste metallische Beschichtung mit mehreren, insbesondere drei, Teilschichten 1.2, 1.3 und 1.4. Das zweite Teilelement 2, vorzugsweise ein gut wärmeleitendes Substrat, welches für den Chip 1 als Wärmesenke oder Wärmespreizer dienen soll, trägt ebenfalls eine metallische Beschichtung aus mehreren Teilschichten 2.2 und 2.3 auf der zur Verbindung mit dem ersten Teilelement 1 vorgesehenen Kontaktseite 2.1. Das zweite Teilelement 2 ist vorzugsweise ein Siliziumsubstrat oder eine wärmeleitende Keramik oder ein Metallsustrat.

Vorzugsweise werden die Teilschichten 1.2, 1.3, 1.4, 2.2, 2.3 aus verschiedenen Metallen gebildet. Die äußere Schicht des einen Teilelements hat dabei vorzugsweise einen niedrigeren Schmelzpunkt als die äußere Schicht des anderen Teilelements.

Bevorzugt besteht die äußere Schicht 1.2 des ersten Teilelements aus Indium, vorzugsweise mit einer Schichtdicke von 3–7 μm . Diese äußere Schicht 1.2 ist auf einer zweiten, vorzugsweise dünneren Schicht 1.3 abgeschieden, welche vorzugsweise aus demselben Material besteht, mit dem beim Fügeprozeß dann die isotherme Erstarrungsreaktion erfolgt, insbesondere eine Goldschicht. Die Schichtdicke der Goldschicht 1.3 ist zweckmäßigerweise etwa 0,1 μm . Günstig ist, wenn diese zweite Schicht 1.3 auf einer dritten Schicht 1.4 abgeschieden ist, welche als Haftvermittlerschicht und/oder Diffusionsbarriere zwischen den isotherm erstarrenden Komponenten und dem Chip 1 fungiert. Vorzugsweise ist die dritte Schicht 1.4 eine für derartige Zwecke übliche Schichtkombination aus Titan mit Zusätzen von Nickel und Chrom oder vergleichbaren Materialien. Eine vorteilhafte Schichtdicke für diese Diffusionsbarriere ist etwa 0,1 μm . Die zweite Schicht 1.3 zwischen der äußeren Teilschicht 1.2 und der Diffusionsbarriere 1.4 hat die besonders vorteilhafte Folge, daß bei einer einsetzenden isothermen Erstarrungsreaktion die äußere Schicht 1.2 sowohl von der Kontaktstelle her als auch von der Schicht 1.3 und/oder der Grenzfläche zum Teilelementkörper 1 her mit der Reaktion beginnt, so daß eine Kontamination der reagierenden Schichtfolge aus dem Teilelement 1 heraus unterbunden ist.

Das zweite Teilelement 2 weist zweckmäßigerweise ebenfalls eine Haftvermittler- und/oder Diffusionsbarrierschicht 2.3 auf, vorzugsweise in vergleichbarer Zusammensetzung und Dicke wie beim Teilelement 1. Die äußere Teilschicht 2.2 des zweiten Teilelements wird vorteilhafterweise aus Gold gebildet. Die Schichtdicke der Goldschicht 2.2 ist vorzugsweise so gewählt, daß bei einer vollständigen Reaktion der Komponenten der äußeren beiden Schichten 1.2 und 2.2 der beiden Teilelemente 1 und 2 sich stabile intermetallische Verbindung bilden kann, vorzugsweise AuIn und/oder AuIn_2 oder ein Gemisch davon. Vorteilhaft ist es daher, wenn bei einer Kombination von Indium als äußerer Schicht 1.2 des ersten Teilelements 1 mit Gold als äußere Schicht 2.2 des zweiten Teilelements 2 die Goldschichtdicke nur halb so groß ist wie die Indiumschichtdicke, vorzugsweise liegt die Indiumschichtdicke zwischen 4–7 μm und die Goldschichtdicke um 2 μm .

Bei einer Wahl von anderen Reaktionskonstituenten für die isotherme Erstarrung ist es daher vorteilhaft, die jeweiligen Schichtdicken der metallischen Komponenten an sich etwaig bildende intermetallische Phasen entsprechend anzupassen. Vorzugsweise werden die Dickenverhältnisse der höherschmelzenden und der niedrigschmelzenden metallischen Komponenten so gewählt, daß die Zahl der zur Reaktion beitragenden Atome in etwa im Verhältnis der Zusam-

mensetzung von sich bildenden intermetallischen Phasen vorliegt.

Die in dieser Ausführung gewählten Materialien haben den Vorteil, daß sie miteinander kompatibel sind. Zum einen ist der Schmelzpunkt des Indiums mit ca. 160°C sehr niedrig, so daß die thermische Belastung des Bauelements beim Bonden auf die Wärmesenke gering ist, zum anderen wird Gold häufig auch als Schutzschicht für Titanschichten in derartige Prozessen verwendet. Die erfindungsgemäße Schichtanordnung ist vorteilhafterweise besonders einfach, weil keine Barrierschichten zwischen Gold und Indium notwendig sind.

Ein Vorteil bei dieser Anordnung der metallischen Schichten besteht darin, daß die niedrigschmelzende Komponente Indium nur auf einem Teilelement abgeschieden werden muß. Damit entfällt ein Beschichtungsschritt mit der niedrigschmelzenden Komponente für das zweite Teilelement. Es ist jedoch eine Anordnung nicht ausgeschlossen, bei der beide Teilelemente für sich mit je einer Schicht der niedrigschmelzenden Komponente, insbesondere einer Indiumschicht, versehen sind, die als Kontaktschicht vorgesehen sind.

Die sich bei der isothermen Erstarrung bevorzugt bildenden Phasen AuIn und AuIn₂ sind bei wesentlich höheren Temperaturen als dem Schmelzpunkt von Indium stabil. Derartige Verbindungsschichten können bis etwa 450°C eingesetzt werden.

Die beiden Teilelemente 1 und 2 werden aufeinander gelegt, so daß die beiden äußeren Schichten 1.2 und 2.2, bevorzugt eine Indium- und eine Goldschicht, in unmittelbarem Kontakt stehen, und anschließend auf eine Reaktionstemperatur T₁ erwärmt, die vorzugsweise mindestens dem Schmelzpunkt der niedrigschmelzenden Komponente entspricht, besonders bevorzugt zwischen 200°C und 300°C. Eine Anwendung von Anpreßdruck in der Aufwärmphase ist nicht notwendig. Bevorzugt erreicht die Reaktionstemperatur T₁ nicht den Schmelzpunkt der höherschmelzenden Komponente. Im Gegensatz zum Stand der Technik ist es nicht notwendig, das Verfahren in einem Vakuumofen oder in Formiergasumgebung durchzuführen. Zweckmäßig ist, wenn die Reaktion bei erhöhter Temperatur unter Inertgas, insbesondere Stickstoff oder Argon, durchgeführt wird. Damit wird eine etwaige unerwünschte Oxidation von Komponenten, insbesondere dem Indium, im Prozeß vermieden. Dies ermöglicht vorteilhafterweise eine bessere Benetzung der Goldschicht durch das Indium. Ein geeigneter Inertgasfluß liegt z. B. zwischen 0,1 Liter/min bis 1 Liter/min. Die Inertgasumgebung ist zwar zweckmäßig, jedoch nicht ausschlaggebend für das erfindungsgemäße Verfahren. Insbesondere kann bei einem etwaigen automatisierten Verfahren vollständig auf die Inertgasumgebung verzichtet werden.

Die Teilelemente werden bevorzugt während der ganzen Reaktionszeit t₁ auf der Reaktionstemperatur T₁ gehalten. Für das System Indium-Gold ergibt sich eine Reaktionszeit t₁ von etwa 15 s bei einer Reaktionstemperatur von 300°C, während die Reaktionszeit t₁ auf knapp 2 min ansteigt, wenn eine niedrigere Reaktionstemperatur von 200°C eingesetzt wird. Bei der Reaktionstemperatur ist die niedrigschmelzende Komponente geschmolzen und beginnt, in die höherschmelzende Komponente einzudiffundieren und zu reagieren.

Wesentlich für das erfindungsgemäße Verfahren ist, daß die beiden Teilelemente 1 und 2 zu Beginn der Reaktionszeit t₁, zumindest wenn die Reaktionstemperatur T₁ erreicht ist, mit Vibrationsenergie beaufschlagt und an ihren Kontaktflächen gegeneinander bewegt werden. Eine günstige Vibrationsenergie ist Ultraschallenergie. Eine weitere günstige Vibrationsenergie ist eine Reibschwingung, ähnlich der Vibra-

tionen bei einem Reibschweißvorgang, zwischen den beiden Teilelementen 1, 2, wobei beide oder nur ein Teilelement in Vibrationen versetzt wird. Diese Vibrationsenergie ist besonders günstig bei großflächigen Bauelementen anzuwenden und hat den Vorteil, daß die Belastung aufgrund der geringeren Frequenz beim Reibschweißen verglichen mit Ultraschall geringer für das Bauelement ist.

Das Bauelement befindet sich dabei örtlich vorzugsweise in einer Fügezone, in der Vibrationsenergie zur Verfügung steht. Dabei ist das Vorhandensein der Vibrationsenergie-Beaufschlagung ausschlaggebend, während die einwirkende Leistung P₁ in einem weiten Bereich zwischen 0,3 W/mm² und 3 W/mm², bevorzugt zwischen 0,5 W/mm² und 2,5 W/mm², gewählt werden kann. Die Vibrationsenergie P₁ wirkt höchstens über eine Fügezeitdauer t₂ auf das Bauelement ein. Vorzugsweise ist die Zeitdauer der Einwirkung der Vibrationsenergie kürzer als die Fügezeitdauer t₂, insbesondere höchstens 70% der Fügezeitdauer t₂, besonders bevorzugt wirkt die Vibrationsenergie zu Beginn der Fügezeitdauer auf die Teilelemente ein.

Innerhalb des gleichen Zeitraums t₂ wird in der Fügezone zusätzlich ein Anpreßdruck F₁ auf das Bauelement ausgeübt, mit dem die beiden Teilelemente 1, 2 aufeinandergepreßt werden.

Vorzugsweise wird das Bauelement gleichzeitig mit Ultraschallenergie P₁ und Anpreßdruck F₁ beaufschlagt. Vorzugsweise liegt der Anpreßdruck zwischen 0,2 N/mm² und 1,5 N/mm², besonders bevorzugt zwischen 0,25 N/mm² und 1,25 N/mm². Bei typischen Chipgrößen von 2x2 mm² ist eine günstige Anpreßkraft z. B. 1-5 N. Vorteilhaft ist, den Anpreßdruck F₁ möglichst hoch zu wählen.

Während die Reaktionszeit t₁ zwischen etwa 15 s bei einer Reaktionstemperatur von 300°C und 2 min bei 200°C beträgt, ist die Fügezeitdauer t₂ wesentlich kürzer als die Reaktionszeit t₁. Vorzugsweise wird die Einwirkung der Vibrationsenergie bei höherer Reaktionstemperatur T₁ verkürzt, insbesondere liegt die Vibrationszeitdauer zwischen 50 ms und 600 ms, besonders bevorzugt zwischen 100 ms und 500 ms.

Obwohl die Reaktion der isothermen Erstarrung nach Ablauf der Fügezeitdauer t₂ noch nicht abgeschlossen ist, ist die Verbindung zwischen den beiden Teilelementen 1, 2 bereits so fest, daß kein weiterer Anpreßdruck und/oder keine weitere Ultraschallenergie mehr nötig ist, um die beiden Teilelemente 1, 2 zusammenzuhalten. In Fig. 2 ist ein erfindungsgemäßes Bauelement dargestellt, das aus zwei vormaligen Teilelementen 1, 2 besteht, die mit einer Verbindungsschicht 3, vorzugsweise Indium und Gold und/oder AuIn und/oder AuIn₂ oder einem Gemisch davon, fest verbunden sind. Das Bauelement kann, bevorzugt bei unveränderter Reaktionstemperatur T₁, aus der Fügezone, dem Einwirkungsbereich von Ultraschallenergie und Anpreßdruck, entfernt werden und in einem anderen Bereich fertig durchreagieren, beim System Indium-Gold bevorzugt 2-4 min, und anschließend auf Raumtemperatur abkühlen. Die Fügezone steht nach Abschluß der Fügezeitdauer sofort wieder für einen weiteren Fügeprozeß bereit. Die vollständige isotherme Erstarrungsreaktion in der vollen Reaktionszeit t₁ kann anschließend in zeitlich unkritischeren Zonen des Bondverfahrens ablaufen. Die Verbindung ist so fest, daß übliche Scher- tests mit z. B. 0,6 kg/mm² erfolgreich überstanden werden.

Eine typische Abfolge des Verfahrens in einem Fertigungsprozeß ist, daß ein Teilelement des Bauelements mit einem üblichen Werkzeug in einer vorzugsweise beheizten Fügezone auf das zweite Teilelement als Montagefläche, insbesondere eine Wärmesenke, gesetzt wird, dort für eine Fügezeitdauer unter zusätzlichem Einbringen von Ultraschall- oder Reibenergie gehalten wird, und anschließend

für den noch verbleibenden Rest der Reaktionszeitdauer in einer Reaktionszone gehalten wird. Die prozeßkritische sogen. Pick- and Place-Zeit des Bauelements auf die Montagefläche im Prozeß liegt dabei vorzugsweise im Sekundenbereich, so daß die Fügezone im Sekundentakt für die Bestückung mit Teilelementen eines neuen Bauelements freigegeben werden kann.

In Fig. 3 ist ein Temperatur-Zeitdiagramm gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren dargestellt. Die isotherme Erstarrung läuft bei der Reaktionstemperatur T_1 während der Reaktionszeitdauer t_1 ab, innerhalb der die Fügezeitdauer t_2 liegt, bevorzugt zu Beginn der Reaktionszeitdauer. Bevorzugt ist die Fügezeitdauer t_2 nur ein Bruchteil der Reaktionszeitdauer t_1 .

Damit läßt sich das erfindungsgemäße Verfahren in einen kommerziellen Herstellprozeß integrieren, bei dem für derartige Bondprozesse Taktzeiten von nur wenigen Sekunden toleriert werden können. Insbesondere ist es möglich, den Fügeprozeß zu automatisieren. Die gesamte Zeit zum Einbau, Zusammenlegen und Verbinden der Teilelemente 1, 2 in der Fügezone kann unter 5 Sekunden liegen. Diese Zeit kann bis unterhalb von 1 Sekunde optimiert werden.

Ein mit dem erfindungsgemäßen Verfahren hergestelltes Bauelement weist eine hohe Wärmeleitfähigkeit, einen niedrigen elektrischen Widerstand der Verbindungsschicht zwischen den beiden Teilelementen, sowie eine hohe Schmelztemperatur der Verbindungsschicht auf. Ein solcherart hergestelltes mikroelektronisches Bauelement ist bevorzugt für den Einsatz bei hohen Leistungen geeignet.

Besonders günstig ist die Materialkombination Indium und Gold als niedrig- bzw. höherschmelzende metallische Komponente, da häufig mikroelektronische Chips bereits vom Hersteller mit einer Gold-Rückseitenkontaktierung geliefert werden. Ein solcher mikroelektronischer Chip kann dann sehr einfach mit einem üblichen Leiterraum (Lead Frame), insbesondere aus Kupfer oder einer Eisen-Nickellegierung, insbesondere dem sogen. Alloy 42, mittels isothermer Erstarrung verbunden werden. Eine kostengünstige Alternative ist, Gold teilweise oder ganz durch Silber zu ersetzen.

In einer ersten bevorzugten Ausführung wird eine Indiumschicht entsprechender Dicke zumindest auf die Chipfläche des Leiterraums bzw. Chipträgers aufgebracht und der Chip anschließend mit dem Leiterraum in einem Verfahren gemäß der Erfindung fest verbunden. Besonders kostengünstig ist, eine indiumhaltige Paste auf die Chipfläche aufzubringen. Günstig ist, den Leiterraum bzw. den Chipträger die zum Aufnehmen von Bauelementen vorgesehenen Fläche zumindest bereichsweise mit einer Silberschicht zu versehen.

In einer weiteren bevorzugten Ausführung wird eine Indiumschicht entsprechender Dicke auf die Chiprückseite aufgebracht, die als Kontaktfläche zum Träger vorgesehen ist. Insbesondere ist die Indiumschicht auf eine Schichtfolge von dünneren Titan- und Goldschichten abgeschieden, während der Bereich des Leiterraums bzw. des Chipträgers, welcher zum Aufnehmen des Chips vorgesehen ist, mit einer Goldschicht bedeckt ist, deren Dicke an die Indiumschichtdicke gemäß der Erfindung angepaßt ist. Es ist zweckmäßig und kostensparend, wenn nur die unmittelbare Chipfläche mit Gold beschichtet ist. Ein Vorteil ist, daß eine Kontamination des Leiterraums mit Indium weitgehend vermieden wird. Besonders günstig ist, daß nach der Reaktion kein überschüssiges Indium übrig ist. Günstig ist, die von der Goldschicht freibleibenden Randbezirke des Leiterraums bzw. Chipträgers zusätzlich mit einer indiumabweisenden Beschichtung zu versehen.

Vorteilhaft ist, wenn die Fläche der Goldschicht nur so

groß ausgebildet ist, wie der Chipfläche entspricht. Besonders günstig ist, die etwaig verbleibende Chipfläche mit einem Material zu bedecken, welches von Indium nicht benetzt wird. Damit wird eine Kontamination des Leiterraums durch geschmolzenes Indium während des Verbindungsprozesses vermieden.

In einer weiteren vorteilhaften und kostengünstigen Ausführung ist statt einer Goldschicht eine Silberschicht auf dem Leiterraum bzw. Chipträger vorgesehen. Zweckmäßigerweise kann die Indiumschicht auf der Rückseite des Chips noch mit einer Goldschicht versehen sein, die dünner ist als die Silberschicht.

In einer bevorzugten Anordnung ist die zur Kontaktierung eines Leiterraums vorgesehene Chiprückseite mit einer Schichtfolge beschichtet, bei der zuerst eine dünne Titanschicht, dann eine dünne Goldschicht und zuletzt eine dicke Indiumschicht auf der Chiprückseite abgeschieden wurde. Die bevorzugten Schichtdicken sind ca. 100 nm Titan, ca. 100 nm Gold und ca. 4 µm Indium. Der Leiterraum ist auf der Seite, mit der der Chip gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren verbunden werden soll, ist mit einer dicken Goldschicht beschichtet, die etwa halb so dick wie die Indiumschicht ist. Bevorzugt besteht der Leiterraum aus Alloy 42. Eine bevorzugte Goldschichtdicke ist ca. 2 µm.

In einer weiteren bevorzugten Anordnung ist die zur Kontaktierung eines Leiterraums vorgesehene Chiprückseite mit einer Schichtfolge beschichtet, bei der zuerst eine dünne Titanschicht und/oder Chromschicht, dann eine dicke Indiumschicht und zuletzt eine dünne Goldschicht auf der Chiprückseite abgeschieden wurde. Die bevorzugten Schichtdicken sind ca. 100 nm Titan und/oder Chrom, ca. 100 nm Gold und ca. 4 µm Indium. Der Leiterraum ist auf der Seite, mit der der Chip gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren verbunden werden soll, ist mit einer dicken Goldschicht und/oder einer dicken Silberschicht beschichtet, die etwa halb so dick wie die Indiumschicht ist. Bevorzugt besteht der Leiterraum aus Alloy 42. Eine bevorzugte Goldschichtdicke ist ca. 2 µm.

In einer weiteren bevorzugten Anordnung ist die zur Kontaktierung eines Leiterraums vorgesehene Chiprückseite mit einer Schichtfolge beschichtet, bei der zuerst eine dünne Titanschicht, dann eine dicke Indiumschicht und zuletzt eine dicke Goldschicht auf der Chiprückseite abgeschieden wurde. Die bevorzugten Schichtdicken sind ca. 100 nm Titan, ca. 2 µm Gold und ca. 4 µm Indium. Der Leiterraum ist auf der Seite, mit der der Chip gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren verbunden werden soll, ist mit einer dünnen Silberschicht beschichtet, die etwa halb so dick wie die Indiumschicht ist. Bevorzugt besteht der Leiterraum aus Alloy 42. Eine bevorzugte Silberschichtdicke ist ca. 2 µm.

In einer weiteren, besonders kostengünstigen Anordnung ist die zur Kontaktierung eines Leiterraums vorgesehene Chiprückseite mit einer Schichtfolge beschichtet, bei der zuerst eine dünne Titanschicht, dann eine dicke Goldschicht auf der Chiprückseite abgeschieden wurde. Der Leiterraum ist auf der Seite, mit der der Chip gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren verbunden werden soll, ist mit einer dicken Schicht einer indiumhaltigen Paste, insbesondere einer Siebdruckpaste, beschichtet, die etwa doppelt so dick wie die Goldschicht ist. Die bevorzugten Schichtdicken sind ca. 100 nm Titan, ca. 2 µm Gold und ca. 4 µm Indiumpaste. Bevorzugt besteht der Leiterraum aus Alloy 42.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines Bauelements, bei dem ein erstes Teilelement mit einer seiner Kontaktseiten (1.1), deren äußere Oberfläche durch ein schmelz-

bares Metall gebildet wird, auf eine der Kontaktseiten (2.1), deren äußere Oberfläche durch ein schmelzbares Metall gebildet wird, eines zweiten Teilelements aufgelegt wird, und das Bauelement unter einem vorgegebenen Temperatur- und Anpreßdruckverlauf so lange erwärmt wird, bis eine isotherme Erstarrungsreaktion zwischen den Oberflächen abgeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die aneinander angelegten Kontaktflächen (1.1, 2.1) der beiden Teilelemente (1, 2) zumindest während eines Bruchteils einer Fügezeitdauer (t_2), die kürzer ist als die Reaktionszeitdauer (t_1), durch Vibrationsenergie (P1) mit einem dynamischen Anpreßdruck beaufschlagt werden, indem zumindest eines der Teilelemente (1, 2) in longitudinale und/oder transversale Vibrationen versetzt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeit, während der Teilelemente mit Vibrationsenergie (P1) beaufschlagt werden, kürzer als die Fügezeitdauer (t_2) ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Vibrationen durch Ultraschallenergie erzeugt werden.

4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Vibrationen durch Reibschwingungen mit einer Frequenz unterhalb des Ultraschallbereichs erzeugt werden.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilelemente (1, 2) während der Fügezeitdauer (t_2) zusätzlich mit einem statischen Anpreßdruck (F1) zusammengepreßt werden.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Ultraschallenergie (P1) und der Anpreßdruck (F1) gleichzeitig einwirken.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vibrationsenergie (P1) mit einer Leistung zwischen 0,3 W/mm² und 3 W/mm² angewendet wird.

8. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Anpreßdruck (F1) zwischen 0,2 N/mm² und 1,5 N/mm² angewendet wird.

9. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß ein Anpreßdruck (F1) von mindestens 1,5 N/mm² angewendet wird.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Vibrationszeitdauer (t_2) kürzer gewählt wird, wenn die Reaktionstemperatur (T1) höher gewählt wird.

11. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionszeitdauer zwischen 10 s und 3 min liegt.

12. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilelemente (1, 2) zwischen 50 ms und 600 ms mit Vibrationsenergie (P1) beaufschlagt werden.

13. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilelemente (1, 2) höchstens 70% der Fügezeitdauer mit Vibrationsenergie (P1) beaufschlagt werden.

14. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilelemente (1, 2) zu Beginn der Fügezeitdauer mit Vibrationsenergie (P1) beaufschlagt werden.

15. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die

äußeren Oberflächen der Teilelemente (1, 2) durch bei unterschiedlichen Temperaturen schmelzende Metalle gebildet werden.

16. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die äußeren Oberflächen der Teilelemente (1, 2) durch Metalle gebildet werden, die bei derselben Temperatur schmelzen.

17. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionstemperatur (T1) unterhalb der Schmelztemperatur der höherschmelzenden Komponente liegt.

18. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Reaktionstemperatur (T1) zwischen 150°C und 400°C liegt.

19. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren zumindest bei einer gegenüber der Raumtemperatur erhöhten Temperatur in Inertgasumgebung durchgeführt wird.

20. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Dickenverhältnisse der höherschmelzenden und der niedrigschmelzenden metallischen Komponenten (1.2, 2.2) so gewählt werden, daß die Zahl der zur Reaktion zur Verfügung stehenden Atome der jeweiligen Komponenten (1.2, 2.2) in etwa im Verhältnis der Zusammensetzung den gewünschten intermetallischen Phasen vorliegt, die in der Reaktion gebildet werden.

21. Verfahren nach Anspruch 20, dadurch gekennzeichnet, daß die Dickenverhältnisse so gewählt werden, daß ein Überschuß der höherschmelzenden Komponente (2.2) vorhanden ist.

22. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die erste metallische Beschichtung (1.2, 1.3, 1.4) mindestens eine Schichtfolge von Gold und Indium enthält.

23. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite metallische Beschichtung (2.1, 2.2) mindestens eine Goldschicht enthält.

24. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an der Kontaktstelle der beiden Teilelemente (1, 2) eine Indiumschicht (1.2) mit einer Goldschicht (2.2) in Kontakt gebracht wird.

25. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß an der Kontaktstelle der beiden Teilelemente (1, 2) eine Indiumschicht (1.2) mit einer Indiumschicht in Kontakt gebracht wird.

26. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Indiumschicht (1.2) zwischen 3 und 7 µm liegt.

27. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Indiumschicht (1.2) auf einer dünneren Goldschicht (1.3) aufgewachsen ist.

28. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Goldschicht (2.2) nur halb so groß ist wie die Dicke der Indiumschicht (1.2).

29. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das erste Teilelement (1) aus einem mikroelektronischen Chip gebildet wird.

30. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Teilelement (2) aus einem Siliziumkörper gebildet wird.

31. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Teilelement (2) aus einem hochwärmeleitenden Keramikkörper gebildet wird.

32. Verfahren nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das zweite Teilelement (2) aus einem Metallkörper gebildet wird.

33. Bauelement bestehend aus einem ersten Teilelement und einem zweiten Teilelement, insbesondere einem mikroelektronischen Chip und einem Leiterrahmen, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauelement eine isotherm erstarrte Verbindungsschicht (3) mit einer Schmelztemperatur oberhalb von 400°C aufweist, über die das erste Teilelement (1) und das zweite Teilelement (2) fest miteinander verbunden sind.

34. Bauelement nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungsschicht (3) im wesentlichen eine Legierung der Zusammensetzung $AuIn$ und/oder $AuIn_2$ oder eine Mischung davon aufweist.

35. Bauelement nach Anspruch 33 oder 34, dadurch gekennzeichnet, daß das Bauelement eine Diffusionsbarrierenschicht (1.4, 2.3) zwischen einem oder zu beiden der Teilelemente (1, 2) und der Verbindungsschicht (3) aufweist.

36. Bauelement nach Anspruch 33, 34 oder 35, dadurch gekennzeichnet, daß die Diffusionsbarrierenschicht Titan, Nickel und Chrom aufweist.

37. Bauelement nach einem oder mehreren der vorangegangenen Ansprüche 33 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß die Diffusionsbarrierenschicht Titan und/oder Nickel und/oder Chrom oder eine Kombination von Titan, Nickel und/oder Chrom aufweist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

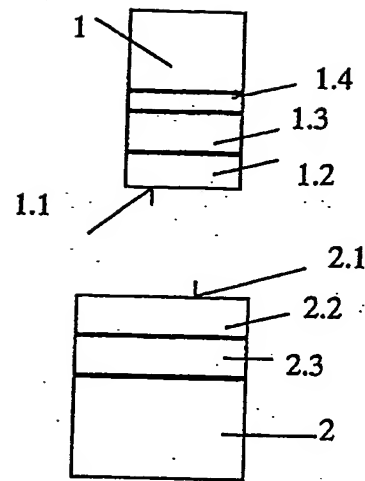


Fig. 1

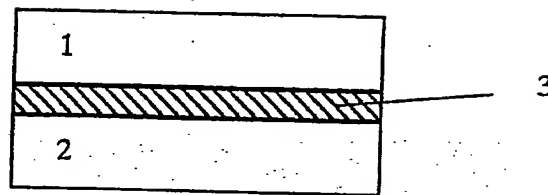


Fig. 2

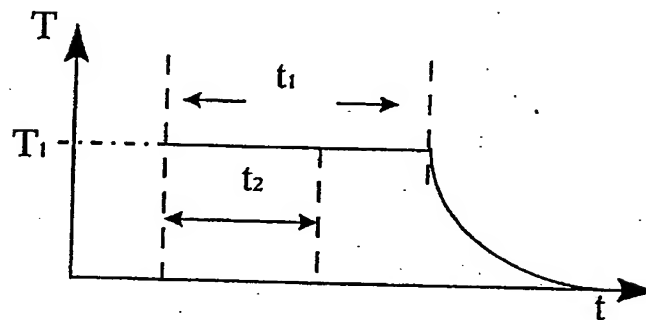


Fig. 3